

Nueva interpretación del relleno sedimentario de la Cuenca de San Pedro (Offshore de la República Dominicana) en base a nuevos datos sísmicos

New interpretation of the sedimentary infill of the San Pedro basin based on new seismic data (Dominican Republic offshore)

J.M. Gorosabel-Araus¹, J.L. Granja Bruña¹, A. Carbó-Gorosabel¹, L. Gómez la Peña³, A. Rodríguez-Zurrunero¹, A. Muñoz-Martín^{1,2}, A. Pazos⁴, M. Gómez-Ballesteros⁵, M. Druet⁶ y P. Llanes¹

¹ Grupo de Tectonofísica Aplicada. Depto. de Geodinámica. Univ. Complutense, 28040 Madrid (jmgorosabelaraus@gmail.com).

² Instituto de Geociencias (UCM, CSIC), 28040 Madrid.

³ CSI. Instituto de Ciencias del Mar (CSIC)-Barcelona. Passeig Marítim de la Barceloneta 37-49, 08003 Barcelona.

⁴ Real Instituto y Observatorio de la Armada. San Fernando, 11100 Cádiz.

⁵ Instituto Español de Oceanografía. C/ Corazón de María 8, 28002 Madrid.

⁶ Instituto Geológico y Minero de España. C/ La Calera 1, Tres Cantos, 28760 Madrid.

Resumen: Los nuevos datos de sísmica de reflexión multicanal 2D adquiridos en la Cuenca de San Pedro (margen sudeste de la República Dominicana), junto con antiguos perfiles sísmicos reprocesados, han permitido llevar a cabo un detallado análisis y revisión de la estratigrafía sísmica. Los nuevos datos sísmicos aportan nuevas precisiones sobre la evolución de la cuenca sugiriendo un origen de al menos Eoceno Superior, en lugar de Mioceno. La nueva interpretación se basa en la correlación onshore-offshore de un nivel guía de abanicos bien desarrollado, con los eventos tectónicos constreñidos tierra y asociados a la colisión con los Bancos de las Bahamas con el arco isla el Eoceno Medio.

Palabras clave: Caribe, Española, sistema deposicional, cuenca ante-arco, cabalgamiento

Abstract: New 2D multichannel seismic reflection data recorded in the San Pedro Basin (south-eastern margin of Dominican Republic,) combined with vintage seismic reflection profiles, have allowed a detailed analysis and review of the seismic stratigraphy. New data supply new constraints on the evolution of the basin and suggest at least an Upper Eocene origin instead of Miocene. The new interpretation is based on the onshore-offshore correlation of fan deposits with the main tectonic events constrained onshore and related with the collision of the Bahamas banks with the island arc in Middle Eocene ages.

Key words: Caribbean, Hispaniola, depositional system, forearc basin, thrust

INTRODUCCIÓN

La Cuenca de San Pedro (CSP) se interpreta en la literatura científica como una cuenca de tipo ante-arco en base a sus características estructurales. No obstante, se encuentra en la región compresiva de retroarco de las Antillas Mayores orientales, alejada de la verdadera zona de subducción a lo largo de las Fosa de La Española (Fig. 1). La CSP se localiza en el margen sudeste de la isla de La Española y ocupa una depresión batimétrica con tendencia E-O. La cuenca ocupa una extensión de 6000 km² con profundidad media de lámina de agua de 1400 m. Esta cuenca muestra un espesor máximo de 3,5 sTWT (*two-way time*) de sedimentos medianamente deformados enterrando un sistema de retro-cabalgamiento conocido como el Cinturón Deformado de los Muertos (CDM; Granja Bruña et al., 2014). Tradicionalmente, a esta cuenca se le ha atribuido una edad miocena en base a correlaciones con la geología de superficie (Heubeck et al., 1991). Esta correlación es bastante controvertida ya que no existe una continuidad clara de las formaciones identificadas onshore con la estratigrafía sísmica de la CSP y tampoco existen sondeos offshore.

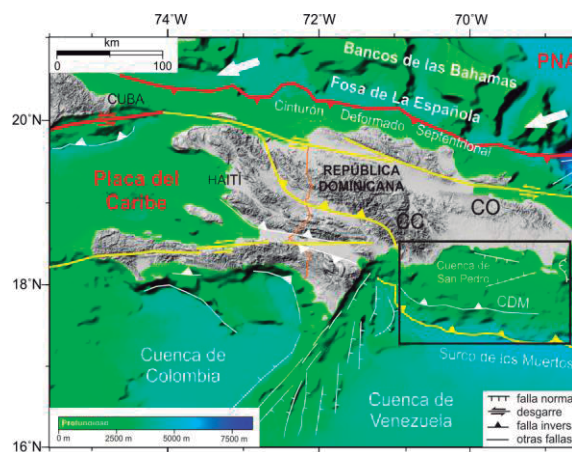


FIGURA 1. Configuración tectónica de La Española y su entorno. Las líneas rojas indican el límite entre la placa del Caribe y la Norteamericana (PNA). Las flechas blancas gruesas indican el movimiento relativo de placas. Las líneas amarillas indican estructuras activas de primer orden. El recuadro indica la zona de estudio. CC= Cordillera Central. CO=Cordillera Oriental. CDM= Cinturón Deformado de los

A finales de 2013 se desarrolló la campaña geofísica NORCARIBE a bordo del B/O Sarmiento de Gamboa. En esta campaña se adquirieron datos de sísmica de reflexión 2D de alta resolución en la CSP que han permitido un estudio detallado de la estratigrafía sísmica. Los nuevos datos, junto con datos reprocesados de antiguas campañas (Fig. 2) han hecho posible una mejor definición de estructuras y cuerpos geológicos. Este hecho, combinado con un análisis de facies sísmicas, nos han permitido proponer un nuevo modelo sedimentario para la CSP relacionado con los principales eventos tectónicos en el área fuente de sedimentos. En concreto, el levantamiento de las cordilleras Central y Oriental fruto de la colisión del antiguo Arco Isla con los Bancos de las Bahamas (BB), relicto del margen pasivo Atlántico.

MARCO GEOLÓGICO

El arco isla de las Antillas Mayores es una zona tectónicamente muy activa y tiene tanta complejidad estructural que ningún modelo tectónico ha conseguido integrarla. Al norte de la isla de La Española se produce la subducción/colisión oblicua de la litosfera oceánica de la placa Norteamericana por debajo de la placa del Caribe, según la orientación de $254^\circ (\pm 1^\circ)$ y con una tasa de $20,0 \pm 0,4$ mm/año (Fig. 1). El proceso generó un arco isla intra-oceánico cuyos materiales constituyen el basamento de las Antillas Mayores (Pérez-Estaún et al., 2007). Como resultado de la convergencia oblicua de placas, los BB colisionan con la región NE de la isla de La Española originando un margen de colisión. Este proceso de colisión, desde su comienzo en el Eoceno ha condicionado todas las características estructurales, sismológicas y sedimentológicas del margen N de la placa del Caribe (Mann et al., 2002). Una de estas características es que al sur de la isla se ha desarrollado un sistema compresivo: el Cinturón Deformado (CDM) y el Surco de los Muertos con una profundidad media de 5000 m. Este sistema se ha considerado tradicionalmente como una zona de subducción incipiente (Byrne et al., 1985), pero estudios más recientes sugieren un cabalgamiento del arco isla sobre la cuenca de Venezuela (ten Brink et al., 2009; Granja Bruña et al., 2010). El origen y posterior evolución de la CSP está íntimamente ligado al desarrollo del CDM.

Al comienzo del Eoceno, el margen meridional de La Española dejó de comportarse como una región trasarco extensional debido a la colisión oblicua de los BB con el arco isla en la zona del antearco que transfirió los esfuerzos compresivos hacia el sur. Este hecho produjo la inversión de las cuencas trasarco y el comienzo de una tectónica compresiva que generó cinturones de pliegues y de cabalgamientos con vergencia hacia el Sur (p. ej. Cinturón de Peralta y el Cinturón Deformado de los Muertos). Este marco condiciona la nueva sedimentación en las cuencas

meridionales, otorgándoles características propias de cuencas tipo antearco (p.ej. CSP).

DATOS Y METODOLOGÍA

Durante la campaña NORCARIBE se adquirieron aproximadamente 90 km de datos sísmicos de reflexión multicanal 2D en la CSP (SL1, Fig. 2). La adquisición se realizó con sistema de posicionamiento GPS diferencial, a una velocidad de 5 nudos y disparos a intervalos de 37.5 m usando una ristra de cañones de aire GGUN-II® con un volumen total de 1750 c.i. El sistema de registro consintió en un streamer digital Sentinel Sercel® de 6000 m de longitud, con 480 canales a intervalos de 12.5 m. El procesamiento de los datos incluyó corrección NMO, filtrados de frecuencia, CMP stacking y migración post-stack. Como complemento se han utilizado datos antiguos 2D de sísmica de reflexión las campañas IG2408 (1977) y MDRH (WesternGeco, 1980) obtenidos de bases de datos académicas (www-udc.ig.utexas.edu/sdc/) y cortesía de la Dirección General de Minería de la República Dominicana.

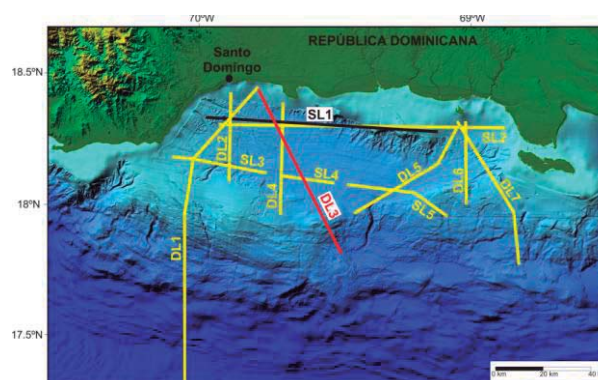


FIGURA 2. Modelo de elevación del terreno iluminado desde el NW en el que se representan la batimetría multihaz (azul) y los datos SRTM90 (verde-amarillo). Las líneas representan la localización de los perfiles sísmicos de reflexión utilizados en el estudio. En verde perfil SL1 y en rojo línea sísmica DL3, ambas mostradas en la Figura3. En amarillo, resto de datos sísmicos usados durante

Un reprocesado minucioso consistente en las técnicas migración f-k de Stolt, deconvolución FX, atenuación de ruido y diversos filtros de pasa-banda mejoraron la imagen resultante y han servido para llevar a cabo una nueva interpretación de los diferentes sistemas deposicionales de la CSP.

Por otro lado, durante las campañas CARIBENORTE (2009) y NORCARIBE (2013) se llevó a cabo el levantamiento sistemático de batimetría multihaz de la CSP. Los datos procesados se interpolaron en mallas con resoluciones de 25-50 m en áreas con profundidades <1000 m y a 150-200 m en áreas con profundidades <5000 m, con el que se ha podido estudiar en detalle el fondo marino de la cuenca y los procesos activos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El relleno de la CSP se ha dividido en distintas secuencias sedimentarias separadas unas de otras por disconformidades o reflectores que marcaban un claro cambio de facies sísmicas (Fig. 3). Estos límites son identificables a lo largo de toda la cuenca tanto en los perfiles longitudinales como transversales.

En la base, un reflector inclinado hacia el sur, con alta amplitud y continuidad lateral actúa como basamento acústico. Debajo de este reflector existe una pérdida en amplitud y frecuencia que culmina con la ausencia de coherencia lateral (secuencia representada en verde en la Fig. 3). Este reflector marca el límite entre los sedimentos de la cuenca y el basamento del arco isla (metavolcánicos y tonalitas; Dick, 1993). Por encima de este reflector se distinguen una serie de reflectores plano-parallel, muy continuos y con una amplitud alta (marrón oscuro, Fig.3). Considerando, además, el contexto de la cuenca, esta secuencia podría corresponder con un sistema deposicional profundo, posiblemente con niveles de condensación interrumpidos por influjos turbidíticos locales en forma de abanicos que corresponden a zonas de facies sísmicas más caóticas identificables en el perfil SL1 (Fig. 4).

Por encima del anterior nivel, el carácter sísmico cambia a unas facies transparentes con una morfología

lobular en los perfiles transversales (Fig. 4) y tipo cuña longitudinalmente. Esta secuencia se interpreta como un sistema complejo de abanicos turbidíticos bien desarrollado con canales de transferencia entrelazados. Dicha secuencia no apantalla acústicamente la señal y no hay pérdida de amplitud en los reflectores inferiores, lo que descarta la posibilidad de un origen salino.

Por último, la sedimentación se torna de nuevo en una monótona sucesión de reflectores plano-parallel interrumpidos sólo localmente por canalizaciones de facies más transparentes (color amarillo Fig. 3). Estos reflectores, onlapan a las anteriores secuencias y marcan el cambio en el estilo sedimentario a tipo canal-leeve que se mantiene hasta la actualidad.

Siguiendo la interpretación del apartado anterior, la sedimentación de la CSP tiene un patrón similar al observado en las cuencas cercanas onshore. En tierra los afloramientos de dichas cuencas reflejan un cambio en el Eoceno Superior, pasando de facies profundas intercaladas con pequeños niveles de arenas a un gran influjo terrígeno en forma de megaturbiditas y olistolitos (Hernáiz-Huerta y Pérez-Estaún, 2002). A este hecho hay que sumar el desarrollo del CDM, que al igual que otros cinturones de cabalgamientos en La Española (p. ej., Cinturón de Peralta), su formación está datada en el Eoceno Superior (Hernáiz-Huerta y Pérez-Estaún, 2002).

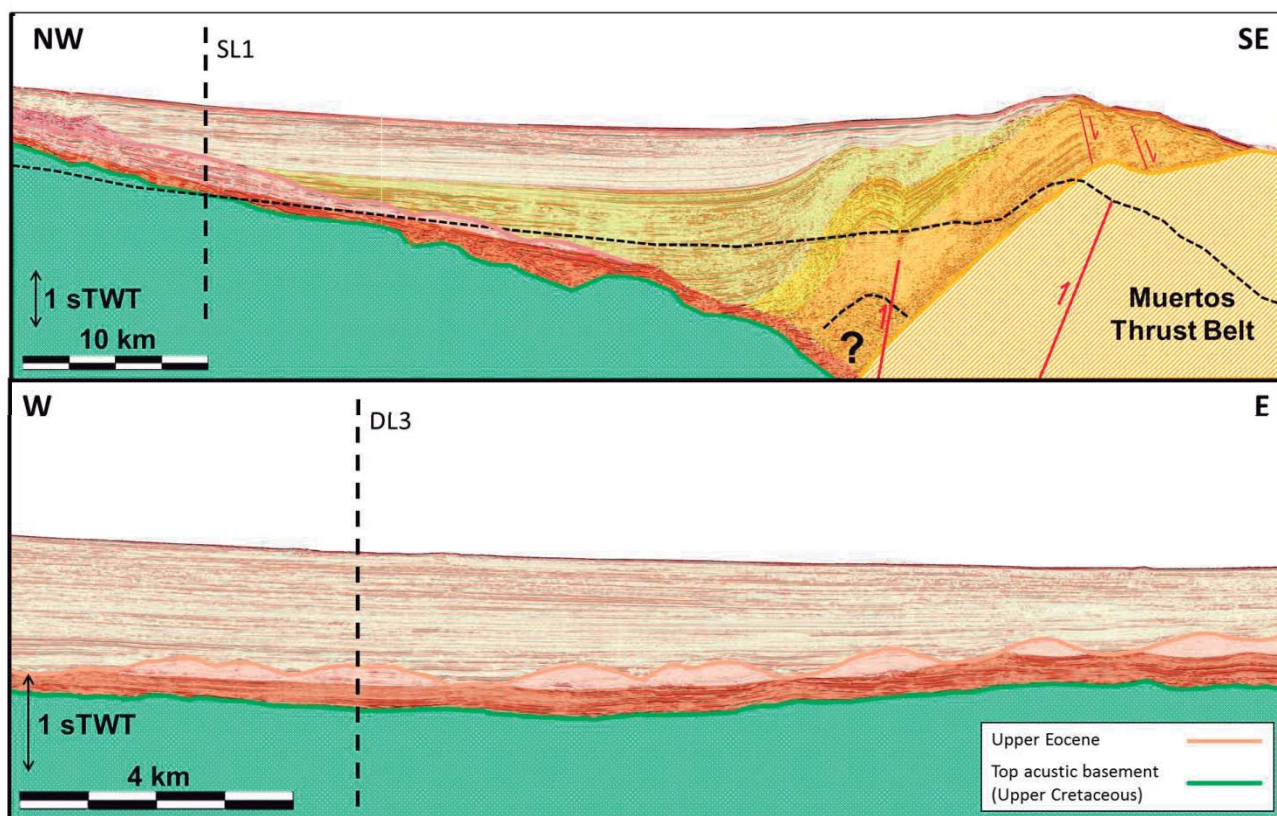


FIGURA 3 Secciones sísmicas transversal (NW-SE) y longitudinal (E-W) interpretadas. Escala vertical two-way time. Arriba línea DL3 interpretada. Abajo perfil SL1. Para su posición en la cuenca consultar Fig. 2. Ver explicación en el texto.

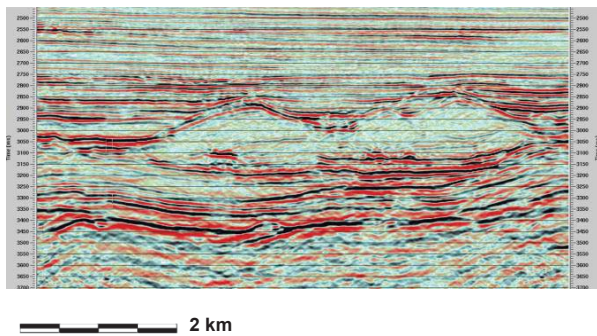


FIGURA 4. Detalle de la línea SL1. En ella se pueden apreciar dos cuerpos de facies sísmicas transparentes e interpretados

Como se mencionó en el marco geológico, las cordilleras presentes hoy en día en la isla (CC= Cordillera Central y CO= Cordillera Oriental en Fig. 1), se levantaron en el Eoceno Superior, consecuencia de la colisión entre el antiguo Arco Isla y los BB (Mann et al., 2002). Por ello, el nivel de abanicos turbidíticos antes descrito estaría íntimamente relacionado con estos eventos, datando relativamente dicho nivel. Esta idea se refuerza al observar el comportamiento de los niveles superiores, marcados por el desarrollo del cinturón y que onlapan a los sedimentos más antiguos. Los estudios llevados a cabo en la cuenca onshore de San Cristóbal (SC en Fig. 1), asignan el origen de la sedimentación en el Cretácico Superior (Biju-Duval et al., 1982). De tratarse efectivamente de la prolongación onshore de la CSP, esta edad concordaría con lo planteado en el presente estudio.

CONCLUSIONES

La interpretación de los nuevos datos sísmicos en la CSP aporta precisiones sobre su evolución indicando un origen de al menos Eoceno Superior, en lugar de en el Mioceno. La nueva interpretación se basa en la correlación onshore-offshore de un nivel guía de abanicos bien desarrollado con los eventos tectónicos constreñidos tierra y asociados a la colisión con los BB con el arco isla el Eoceno Medio.

REFERENCIAS

- Biju-Duval, B., Bizon, G., Mascle, A., Muller, C., 1982. Active margin processes; field observations in southern Hispaniola. Am. Assoc. Pet. Geol. Mem. 34, 325–344.
- Byrne DB, Suarez G, McCann WR (1985): Muertos Trough subduction, microplate tectonics in the northern Caribbean? Nature 317:420–421.
- Dick PM, (1993): Structural evolution of the San Pedro Basin: Implications for the paleogeographic position of the Dominican Republic and Puerto Rico in a plate-tectonic framework. Master's Thesis. University of Texas, Arlington
- Granja Bruña J.L., Muñoz-Martín A., ten Brink U.S., Carbó-Gorosabel A., Llanes Estrada P., Martín-Dávila J, Córdoba-Barba D., Catalán M. (2010): Gravity Modelling of the Muertos Trough and tectonic implications. Mar Geophys Res DOI 10.1007/s11001-010-9107-8.
- Granja Bruña J.L., A. Carbó-Gorosabel, P. Llanes Estrada, A. Muñoz-Martín, U.S. ten Brink, M. Gómez Ballesteros, M. Druet, A. Pazos (2014): Morphostructure at the junction between the Beata ridge and the Greater Antilles island arc (offshore Hispaniola southern slope). Tectonophysics 618 (2014) 138–163.
- Hernández-Huerta P.P., Pérez-Estaún A. (2002): Estructura del cinturón de pliegues y cabalgamientos de Peralta, República Dominicana. Acta Geológica Hispánica, v.37 (2002), nº2-3, p. 183-205.
- Heubeck, C., Mann, P., Dolan, J., Monechi, S., 1991. Diachronous uplift and recycling of sedimentary basins during Cenozoic tectonic transpression; northeastern Caribbean plate margin. Sediment. Geol. 70, 1–32.
- Mann, P., Calais, E., Ruegg, J-C., DeMets, C., Jansma, P. E. (2002): Oblique collision in the north-eastern Caribbean from GPS measurements and geological observations. Tectonics, 21(6): 1057, doi:10.1029/2001TC0011304.
- Pérez-Estaún, A., Hernández Huerta, P. P., Lopera, E., Joubert, M., Grupo SYSMIN (Escuder-Viruete, J., Díaz de Neira, A., Monthel, J., García-Senz, J., Ubrien, P., Contreras, P., Bernárdez, E., Stein, G., Deschamps, I., García-Lobón, J. L., Ayala, C.) (2007): Geología de la República Dominicana: de la construcción de arco-isla a la colisión arco-continente. Boletín Geológico y Minero, 188(2):157-174.
- ten Brink U, Marshak S, Granja JL (2009) Bivergent thrust wedges surrounding oceanic island arcs: insights from observations and sandbox models in the north-eastern Caribbean plate. Geol Soc Am Bull 121:1522–1536.